

セメント・モルタルの引張に関する実験的研究

(1)

川 上 英 男^{*}・土 田 良 雄^{**}

An Experimental Study on Cement Mortar in Tension (I)

Hideo KAWAKAMI, Yoshio TSUCHIDA

(Received Oct. 7, 1968)

Recently the direct pull test of concrete has been replaced by the split test of cylinder or cube specimens as the latter is more simple in testing procedure. This paper reports on an experimental investigation on the possibility of more simple way of tension test for cement mortar by splitting $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ specimens (which is used for bending and compression test of cement) instead of cube or cylinder. The strength and its standard deviation were investigated in the following test methods.

- A) Split of a half of $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ (obtained from bending test) in longitudinal direction. Loading edge is flat (breadth: 2 mm).
- B) Split of $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ in transverse direction. Loading edge is flat (breadth: 2 mm).
- C) Split of $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ in transverse direction. Loading edge is round (diameter: 4 mm).

The results showed that the value of standard deviation of tensile strengths was the lowest in (C) and the highest in (A). The (C) is preferable to the others as test method. The tensile strength thus obtained was about 8% of compressive strength.

1 は し が き

コンクリートは多質の構成体である。マクロ的には粗骨材がセメントモルタルに包まれ、そのセメントモルタルは、細骨材がセメントペーストに埋めこまれたものである。ミクロ的にはセメントペースト自体がセメントゲルと capillary pore の複合体であり、セメントゲルは、更に針状、箔状の分子によってつくられている。

コンクリートの圧縮破壊機構の解明には、粗骨材とその母体となっているセメントモルタルとの相互関係

を明らかにする必要があるが、それと同時に更に、セメントモルタル母体自体の性状を把握しなくてはならない。特にその引張における性状の解明がコンクリートの圧縮破壊に対して重要であることが、最近になって注目されてきた¹⁾。この脆性材料の引張性状を調べるための試験法としては、引張を与えるのに直接的な方法によるものと間接的なものがある。すなわち、直接引張試験による方法としては、ブリケット供試体²⁾ (図1)、埋込鉄筋や樹脂接着によって引張ヘッドにクランプされた円柱体³⁾ (図2)、鼓形⁴⁾ (図3) として接着剤によって端部固定をはかる角柱⁵⁾ (図4)

*助教授 **文部技官

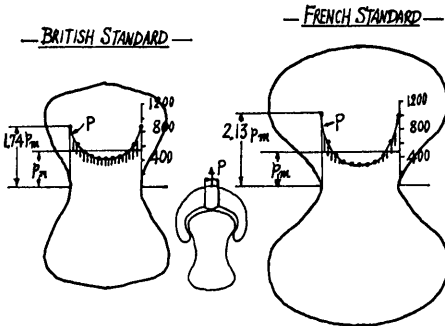


図1 イギリスとフランスの標準ブリケット中央断面の引張応力度分布¹⁾

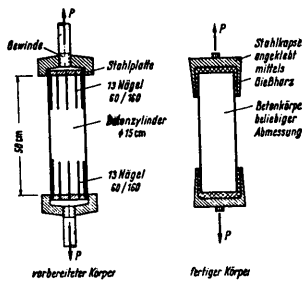


図2 コンクリート円柱体引張³⁾装置

したがって、一方では間接的に引張強度を求めようとする方法も開発され、これに属するものに、角柱の曲げによるもの⁷⁾ (図5)、リング状供試体に内圧を作用せしめるもの⁶⁾、円柱体の母線方向から圧縮力を加え

などがある。しかし、これらはいずれも複雑な形をした特殊の試験体が必要であったり、また均質な引張力の働いている部分での破断が困難なためにあまり用いられなかった。した

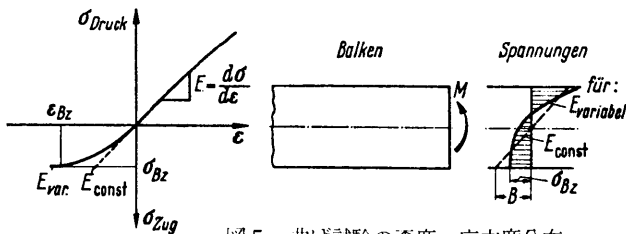


図5 曲げ試験の歪度、応力度分布

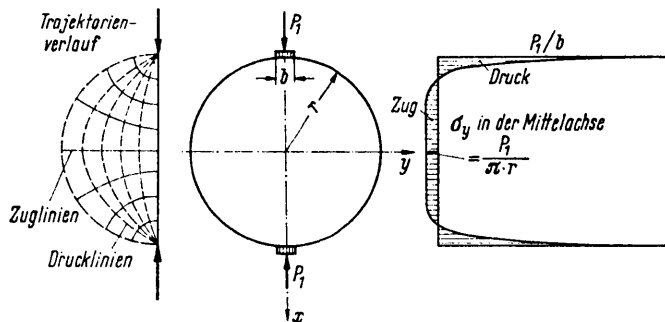


図6 円柱の割裂試験における応力状態

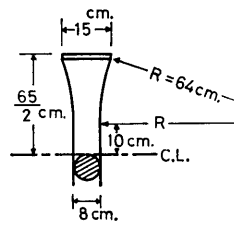


図3 鼓形引張供試体

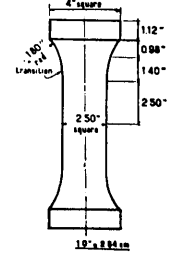


図4 角柱引張供試体

て割裂せしめるもの⁸⁾ (図6)、またこの円柱体の替りに立方体を用い、その相対する辺に載荷したり、その稜線に載荷するもの⁹⁾ (図7 a, b) がある。このうち曲げ試験によるものは断面内における応力分布が勾配をもっていることや、算定式の中に引張塑性の影響が入れられないことのために引張強度としては意味が曖昧となる。したがって割裂による方法がよく用いられている。

さて、モルタルの引張試験をとり上げるとき、これらの方法の中で、直接引張によるものはいずれも前記のような難点があり、間接法の割裂試験によるのが簡便である。しかし、それでも円柱供試体、又は立方体供試体を製作しなくてはならない。在来のセメントの物理試験法 (JIS R5201) では $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の型枠を用い、圧縮強度と曲げ強度を求めている。これらの強度と比較する場合を想定すると、供試体をこれら曲

げ、圧縮供試体とは別に製作することは、それによって供試体の差による誤差が入ってくるのをさけられない。そこで、 $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の供試体そのものを用いて割裂による引張試験ができれば圧縮と曲げに加えて引張に関しても資料が得られると共に、これら強度間の直接的な比較も可能となる。供試体製作上の簡易化もはかられる。本研

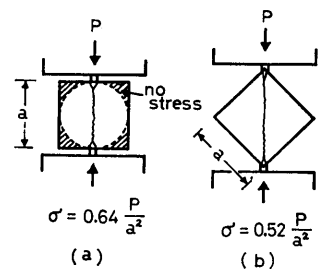


図7 立方体の割裂試験

究はその可能性を理論的ならびに実験的に検討することを目的とした。同時に各種試験法によって得られる引張強度や、応力度歪度特性を明らかにしてセメント・モルタルの引張性状の基本的特性について考察を加えようとしたものである。

2 割裂試験の理論的根拠

4×4×16cmの供試体を用いて割裂試験を行なうには、線荷重を図8

(a)に示すように縦方向に加えるものと、図8(b)に示すように横方向に加える方法とが考え

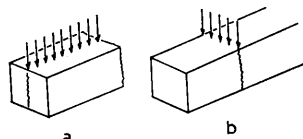


図8 角柱の割裂

られる。(a)の場合は、図7(a)に該当し、円柱供試体による場合と同様に考えてよい。この場合、供試体製作の都合上、引張破断面は打込方向とは直角をなす。(b)の長方形の場合には、この方法によって引張強度が得られるかどうかについては、円柱体や立方体の割裂に対すると同様に理論的根拠にさかのぼった解析から検討してみなくてはならない。

円板の直径上円周に相対する2つの集中荷重を加えた時、その作用線上に荷重方向と直角の引張応力

$$\sigma_s = 2P/\pi dl \quad \dots\dots\dots(1)$$

σ_s —引張応力

P—荷重

d—直径

l—円板厚

が等分布することは板の平面応力解析から得られ、これが円柱体や立方体の割裂試験の根拠となっている。もっとも実際には理想的な点(あるいは線)荷重を加えることは不可能であるから、ある巾をもった荷重となり、このために載荷点近傍に応力攪乱が生じ、またそれによる圧縮応力のために得られた結果に対して、ある係数を乗じなくてはならぬともされているが¹⁰⁾、これは2次の問題である。

さて、長方形供試体に対して割裂試験を行なうためにはこれと同様に、長方形版に集中荷重を加えた場合の応力状態を把握する必要がある。この理論的応力解析は長方形の辺長比によっても異なってくると考えられる。その辺長比の範囲は、4×4×16cm供試体の場合1～4であるがこれら範囲の任意のものに対して、すべての解を得ることはこゝでは避けて、その極限として無限に長い長方形に対しての解を得て、正方形との比較にとどめておくことにする。

この無限長さの帯状体の両側面に集中荷重が作用する場合については、Filon. & Coker¹¹⁾によって理論解がこゝろみられている。もっとも、彼らの目的は、非常に薄い鉄片の引張試験に際してそのクリップの一方法として、シリンダーローラーによるはさみつけを用いる際の応力集中状態を調べることにあった。本研究対象の割裂試験ではこの場合の長手方向の引張応力が0の場合に相当することに着目すれば、その解を用いることができる。すなわち、平面応力は(2)式であらわされる。

$$\begin{aligned} \overline{xx} &= -\frac{2w}{\pi b} \int_0^\infty \frac{\sinh u - u \cosh u}{\sinh 2u + 2u} \cdot \cos \frac{ux}{b} \\ &\quad \cdot \cosh \frac{uy}{b} \cdot du - \frac{2wy}{\pi b^2} \int_0^\infty \frac{u \sinh u}{\sinh 2u + 2u} \\ &\quad \cdot \cos \frac{ux}{b} \cdot \sinh \frac{uy}{b} \cdot du, \\ \overline{yy} &= -\frac{2w}{\pi b} \int_0^\infty \frac{\sinh u + u \cosh u}{\sinh 2u + 2u} \cdot \cos \frac{ux}{b} \\ &\quad \cdot \cosh \frac{uy}{b} \cdot du + \frac{2wy}{\pi b^2} \int_0^\infty \frac{u \sinh u}{\sinh 2u + 2u} \\ &\quad \cdot \cos \frac{ux}{b} \cdot \sinh \frac{uy}{b} \cdot du, \\ \overline{xy} &= \frac{2w}{\pi b} \int_0^\infty \frac{u \cosh u}{\sinh 2u + 2u} \cdot \sin \frac{ux}{b} \\ &\quad \cdot \sinh \frac{uy}{b} \cdot du - \frac{2wy}{\pi b^2} \int_0^\infty \frac{u \sinh u}{\sinh 2u + 2u} \\ &\quad \cdot \sin \frac{ux}{b} \cdot \cosh \frac{uy}{b} \cdot du, \\ \overline{xx} + \overline{yy} &= P + Q = -\frac{4w}{\pi b} \int_0^\infty \frac{\sinh u}{\sinh 2u + 2u} \\ &\quad \cdot \cos \frac{ux}{b} \cdot du, \\ \overline{xx} - \overline{yy} &= P - Q = +\frac{4w}{\pi b} \int_0^\infty \frac{u \cosh u}{\sinh 2u + 2u} \\ &\quad \cdot \cos \frac{ux}{b} \cdot du, \quad \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

$w = w/2c$, m : 任意常数

$u = mb$ $2c$: 板厚

$2b$: 板巾

この式による集中荷重作用線上における直応力の値を表1、図9、10に示した。引張応力は板中央部より荷重点に近づくにしたがって漸増している。

円板に集中荷重を加えた場合の応力との比較を図11に示した。

帯状の場合の引張応力の平均値は円板の場合の引張応力(2p/πdl)にほぼ近い。これを

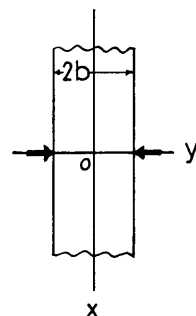


図9

表 1

y 軸に沿った応力度												
$\frac{y}{b}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9		
P_1	249	252	257	264	279	292	319	347	388	431		
Q_1	-920	-933	-972	-1046	-1166	-1341	-1647	-2150	-3200	-6370		
x 軸に沿った応力度												
$\frac{x}{b}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
P_2	249	236	202	153	65	45	-4	-37	-63	-74	-81	-82
Q_2	-920	-895	-830	-670	-586	-501	-388	-289	-205	-142	-93	-55

巾 $2b = 2$ inches
 厚 $2c = 0.1$ inch
 たて方向引張 $= 0$
 測圧 $w = 100$ lb

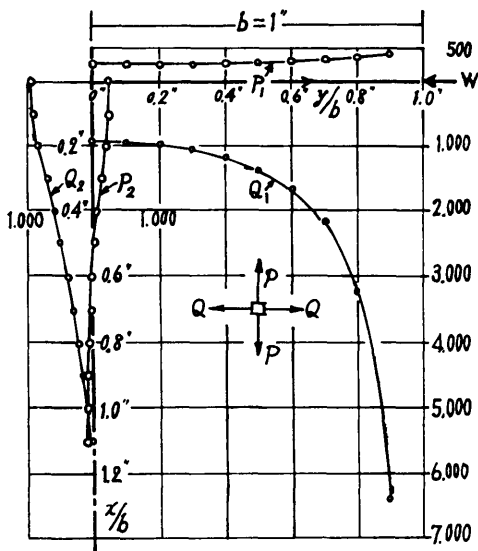


図10 x, y 方向の直応力分布

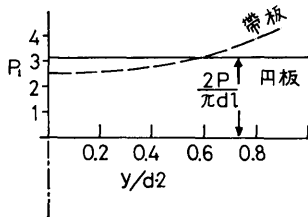


図11 荷重作用線上の引張応力度

みると無限帯状の場合の引張応力は外力の作用線上の位置によって差があるとはいっても、図1のブリケットの場合程ではないとみられる上に、実際問題としての辺長比 $1:2 \sim 4$ 程度では更に円板の場合の分布に近づくものと考えられるので、その差は減少するものとみなされる。なおこれに加えるに引張塑性歪を考慮に入れると破壊時には応力度がある程度均一化されることが考えられ、供試体の引張強度には平均化した応力分布の結果としてあらわれてく

ることが想定される。これら辺長比の小さい場合の応力度分布や引張塑性歪などの定量的な把握に対しては別途に詳しい検討が必要であるが、以上の結果から辺長比が $1 \sim 4$ までの供試体に線荷重を加えて引張強度を求める可能性に対する大略の結論を得た。

3 実験方法

3.1 加力装置

理想的線又は点荷重を作用させることは実験上は困難であって、ある巾をもった線荷重を作用させることになる。事実、なるだけ理論的条件に近づけるためにナイフエッジによる載荷が試みられたが、その先端の供試体内へのめり込みのために、かえって理論解よりはずれた結果となり、むしろ円形先端で載荷した方が理論解によく近接した結果となることが光弾性実験結果から明らかにされている¹¹⁾。図12参照。コンクリートについてはこの加力巾や先端の形に関して図13(a)の報告¹⁸⁾があって、この結果を用いて、ある巾の線荷重試験結果から、異なった巾の線荷重による強度をほぼ推定できる。図13参照。又円柱体割裂における線荷重巾と応力度分布については図13(b)の結果が報ぜられている¹²⁾。図13参照。

こういったことを参照して、図14に示す加力装置を製作した。加力板

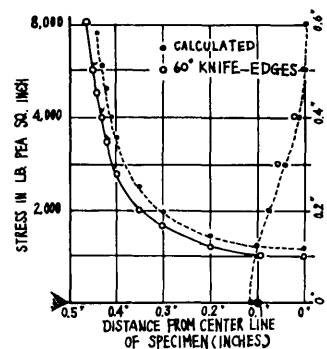


図12 ナイフエッジによる応力差 (P-Q)

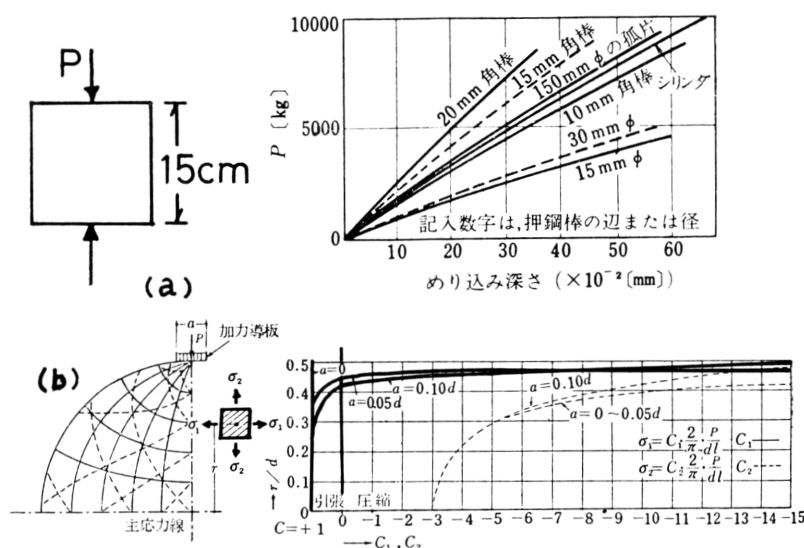


図13 加力巾と応力度分布・強度

端は平らなものと丸いものの2種とし、前者では加力巾を供試体の寸の $\frac{1}{20}$ 、後者ではその半径を同じく寸の $\frac{1}{20}$ とした。写真1、2参照。

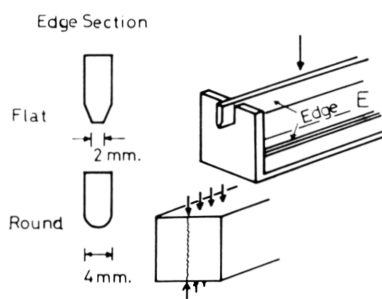


図14 加力装置

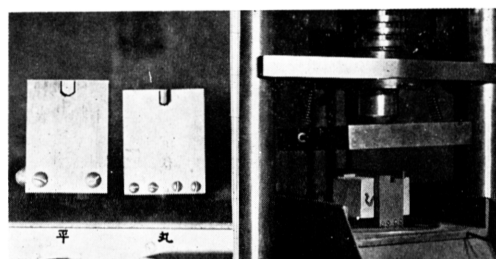


写真1 割裂用加圧装置

写真2

3.2 加力方法

上記の装置によって加力する場合、加力の方向としては図8に示すように供試体のたて方向(a)と横方向(b)の2通りがある。この縦方向の場合は供試体製作の都合上、モルタルの打込とは直角の面内に加力すること

になり、モルタルの沈降現象の影響が試験結果にあらわれるおそれがある。横方向はその心配はないが上述のような引張応力の分布の影響が考えられる。

そこで、横方向加力に対しては加力端が丸と平の2種を用い、縦方向加力に対しては平の加力端だけとした。これによって、前者においては加力端の丸と平の比較を、また平の加力端によって縦方向と横方向の加力の比較を意図した。

割裂試験の载荷速度および強度の算定はJIS A1113の円柱体の割裂引張試験に

よることとした。式(1)参照。

曲げ、圧縮試験は JIS R5210 により、ブリケットの引張は、ASTM C190によった。

3.3 実験の範囲

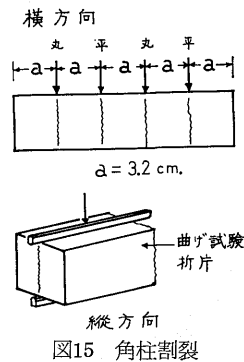
これら角柱の割裂試験の中で試験方法として最もすぐれたものを選び出すためには、まず得られた割裂による引張強度の再現性について吟味する必要がある。これはまた圧縮、曲げ、ブリケットによる引張強度との関連において、その優劣を検討しなくてはならない。したがって、試験はセメントの物理試験方法に準拠した曲げ、圧縮試験、上述の割裂試験3種(縦方向平先端、横方向の平先端、丸先端)およびブリケット試験とした。細骨材には豊浦産標準砂、ふるいわけた九頭龍川産砂2種(2.5~0.3mm, 1.2mm以下)とし、調合は1:2モルタルの他、1:2.5と1:3モルタルを加えた。水、セメント比は骨材の種類によって混練可能な範囲でできるだけ多くすることとして各骨材種類について3種類ずつとした。これらによって標準砂モルタルのみならず、一般的なモルタルの試験法への拡張をねらった。

材令は3日、7日、28日の3種とした。

一種目の実験を6ケの試験体についておこないこれらの平均値や標準偏差を求めた。

3.4 調合、養生

調合と混練はJIS R5201 セメントの物理試験方法に準拠した。4×4×16cm 9ケとブリケット6ケを同一条件でつくるように詰込順序を按配した(図15参照)。



4 実験結果

4.1 実験 1

標準砂だけを用いて次の種類の組合せ18種について

表 2

材 令	砂	配合比	W/C	圧 縮	曲 げ	ブリケット	ヨ コ 丸	ヨ コ 平	タ テ 平
3 日	標準砂	1 : 2	55 60 65	178 3.42 158 2.61 132 6.32	37.6 4.98 39.3 9.21 32.9 5.90	16.9 11.00 16.14 11.40 12.2 10.90	13.0 9.39 12.2 7.11 9.4 7.88	15.5 3.87 13.4 10.82 12.3 8.58	15.3 6.21 14.3 6.42 11.6 8.98
7 日			55 60 65	244 4.31 241 3.33 203 4.98	54.3 4.18 52.1 1.94 48.4 4.65	19.8 5.40 18.6 10.85 18.9 10.15	19.7 3.95 18.1 10.30 15.2 4.66	19.2 14.10 20.6 6.47 17.7 6.45	19.5 10.50 19.9 6.02 18.3 10.77
28日			55 60 65	332 2.59 328 2.65 301 5.01	66.1 4.08 69.2 2.95 63.6 5.40	31.3 7.00 29.3 10.20 28.7 7.87	25.9 8.22 25.9 7.45 23.5 6.39	28.6 11.90 30.3 7.18 27.7 6.85	26.5 12.83 31.3 20.50 26.4 15.82
3 日		1 : 2.5	65 70 75	309 1.20 289 1.56 281 2.10	31.6 5.42 26.9 10.32 7.6 1.41	12.0 6.5 13.2 8.9 12.5 6.6	11.1 5.5 10.2 5.6 7.8 17.8	12.0 16.5 10.7 9.1 8.8 11.2	8.5 17.4 7.9 17.6 8.6 11.6
7 日			65 70 75	166 2.05 154 3.50 151 4.44	37.8 4.88 39.0 3.85 36.8 7.80	14.0 11.8 15.4 6.6 14.9 5.8	13.0 6.7 12.9 6.7 11.7 4.35	12.9 16.2 14.3 4.00 13.7 6.65	13.9 10.1 14.0 10.8 13.1 13.5
28日			65 70 75	227 8.6 240 3.08 237 2.95	48.7 6.8 52.7 2.90 53.4 1.52	21.9 4.42 21.3 10.5 23.6 7.4	19.8 7.8 19.3 8.7 18.7 9.1	21.2 6.90 21.8 7.7 21.6 8.1	21.8 5.4 20.2 12.7 20.0 5.6

表 4 引張強度の変動係数比

配 合 比	材 齢 (日)	砂	F _c	F _b	ブリケット	ヨ コ 丸	ヨ コ 平	タ テ 平
1 : 2	3. 7. 28	標 準 砂	0.529	0.642	1.126	0.994	1.131	1.435
1 : 2.5			0.469	0.659	1.018	1.088	1.243	1.523
1 : 2	(3.7.28)	標 準 砂	0.479	0.641	1.025	1.025	1.352	1.478
		大	0.449	0.552	1.463	1.138	1.007	1.398
		小	0.572	0.782	1.264	1.103	1.074	0.985
1 : 3	(3.7.28)	標 準 砂	0.629	0.871	1.207	0.904	1.084	1.219
		大	0.621	0.651	1.256	0.945	1.036	1.158
		小	0.530	0.633	1.315	0.867	1.419	1.189
平		均	0.543	0.660	1.221	1.024	1.168	1.320

24時間で脱型後、所
定日数まで水中にて標
準養生をおこなった。

実験をおこなった。

調合比 1 : 2 1 : 2.5
w/c(%) 55, 60, 65 65, 70, 75
供試体材令 3 日, 7 日, 28 日

これらそれぞれについて6種の強度結果(圧縮, 曲
げ, ブリケット, 割裂3種)について, 各6ヶずつの
実験値の平均値と変動係数(標準偏差×100/平均値)
を表2に示した。

4.2 実 験 2

標準砂の他に粒大のことなる川砂2種を加えて計3
種の骨材について, 次の組合せ54種について実験をお
こなった。

調合比 1 : 2 1 : 3
w/c(%) 45, 50, 55, 60, 65 60, 65, 70, 75, 80
うちの3種 うちの3種

表 3

材令	砂	配合比	W/C	圧縮		曲げ		ブリケット		割製(ヨコ丸)		割製(ヨコ平)		割製(タテ平)	
3日	標準砂	1:2	55	179.5	1.60	41.14	6.35	14.9	9.75	15.06	7.00	15.98	6.65	14.98	9.68
			60	157.7	4.34	37.31	4.75	12.9	5.65	12.86	7.30	14.03	16.1	13.73	10.9
			65	129.2	8.05	32.64	5.00	10.6	14.6	10.59	8.70	11.81	7.7	12.34	12.2
	大 (2.5~0.3)		45	281.0	2.28	53.43	5.10	22.5	9.5	21.04	6.47	24.34	7.8	23.74	3.16
			50	214.5	3.40	44.11	3.50	19.2	5.1	17.36	7.2	18.81	7.6	17.96	13.3
			55	158.2	5.11	37.56	4.69	14.5	16.0	13.18	7.6	15.94	1.76	14.34	6.1
	小		50	217.0	4.60	48.38	6.14	21.1	10.7	17.03	2.20	20.01	12.4	19.93	9.3
			55	163.2	5.43	39.04	3.74	16.3	8.5	12.88	5.42	15.39	4.36	14.53	15.7
			60	136.5	6.30	34.66	2.54	13.5	5.7	12.43	21.0	13.53	3.40	11.79	6.7
	標準砂	1:3	70	80.5	4.35	20.46	5.10	8.05	4.90	7.01	12.4	7.83	8.43	6.49	10.3
			75	72.2	4.71	19.59	8.75	6.19	16.5	5.99	4.69	6.58	13.81	6.03	12.6
			80	63.7	4.7	18.24	5.77	6.37	12.7	5.94	8.41	6.68	4.05	5.28	13.6
	大		60	129.0	7.7	30.43	7.80	13.2	12.9	12.41	10.2	12.83	9.28	11.79	10.6
			65	102.5	4.2	24.83	5.04	11.2	9.30	9.89	5.35	10.28	6.90	9.31	9.7
			70	85.8	4.1	23.73	2.91	9.22	5.31	7.56	5.30	8.89	5.74	8.01	6.0
	小		65	111.3	2.66	28.43	0.74	11.49	0.40	9.88	1.14	10.98	1.67	10.89	6.9
			70	92.0	2.39	25.29	0.73	10.13	0.86	8.89	0.53	8.74	1.35	8.64	12.4
			75	74.8	3.75	22.81	0.91	8.11	0.85	7.53	0.24	8.53	0.37	7.89	9.4
7日	標準砂	1:2	55	247.8	2.42	48.11	4.29	20.61	7.32	17.66	8.5	18.43	17.0	15.08	23.7
			60	230.8	3.25	48.03	4.16	20.28	10.5	16.38	6.3	19.29	17.4	19.61	17.1
			65	203.5	5.45	41.46	6.05	18.66	6.62	14.74	5.6	18.08	8.4	16.96	10.1
	大 (2.3~0.3)		45	443.0	2.56	74.29	4.04	32.61	8.73	31.94	5.15	32.89	12.8	33.93	11.6
			50	359.5	5.21	61.59	3.07	26.54	18.7	27.19	7.5	32.66	7.1	30.11	5.1
			55	305.5	3.97	55.09	5.62	26.16	25.4	22.08	8.6	26.38	5.3	23.91	8.3
	小 (1.2以下)		50	369.7	1.79	65.26	21.7	25.43	13.6	25.98	9.4	33.46	2.63	30.11	5.1
			55	330.7	4.40	60.66	5.20	8.4	19.5	25.44	6.4	28.26	7.9	25.53	2.66
			60	275.5	6.77	54.43	5.33	20.46	12.8	21.98	6.5	23.54	12.7	21.38	4.96
	標準砂	1:3	70	110.7	5.42	27.31	4.29	12.71	7.89	9.54	8.1	10.54	7.9	10.43	11.8
			75	110.8	3.96	27.51	6.21	10.63	15.4	10.13	4.55	9.63	12.4	9.56	18.2
			80	109.2	5.88	26.81	7.8	11.76	8.9	10.33	7.7	10.84	5.25	8.89	13.1
	大 (2.3~0.3)		60	269.8	4.42	53.03	5.58	19.03	20.0	23.16	6.50	27.26	4.73	25.09	9.3
			65	244.3	9.8	50.13	4.43	15.43	23.6	19.18	15.6	23.26	6.60	21.93	10.0
			70	197.1	5.9	42.13	6.68	18.96	7.1	17.09	12.1	18.11	18.2	16.43	12.2
	小 (1.2以下)		65	201.2	2.09	43.61	1.76	18.63	15.0	18.04	4.44	19.86	8.5	19.14	9.6
			70	165.2	2.00	40.79	6.70	17.73	9.3	14.53	13.4	17.13	9.35	13.41	16.3
			75	143.3	7.55	35.61	4.21	14.66	8.5	12.39	6.1	15.04	7.05	12.83	5.52
28日	標準砂	1:2	55	376.5	3.80	66.76	8.9	30.48	5.92	23.86	17.00	30.94	14.5	29.08	11.2
			60	362.5	3.90	63.76	5.65	28.83	8.95	26.59	9.2	31.83	7.6	28.99	13.2
			65	333.0	3.88	62.38	3.60	30.16	9.00	25.29	10.45	26.96	11.4	25.83	8.6
	大		45	626.2	2.29	94.36	3.53	42.53	7.27	41.61	19.2	52.44	3.61	46.38	11.6
			50	535.2	3.55	89.91	2.92	35.59	4.55	37.91	8.7	43.14	17.0	40.11	18.7
			55	498.0	2.41	84.03	4.89	35.04	6.45	35.81	8.4	42.11	6.48	40.69	21.6
	小		50	555.5	0.56	86.29	3.27	37.01	7.87	36.76	9.0	41.91	13.5	43.24	3.82
			55	498.0	5.85	83.54	3.05	23.88	6.03	36.99	6.02	41.38	7.70	42.43	8.9
			60	453.2	3.11	78.18	5.82	35.43	20.1	33.39	9.70	36.84	6.80	36.26	9.4
28日	標準砂	1:3	70	177.8	6.62	39.1	6.68	15.64	6.78	13.28	9.55	15.51	5.53	13.91	11.5
			75	172.9	4.45	36.96	8.89	14.69	7.10	13.09	4.98	14.73	9.30	13.44	8.8
			80	181.7	5.8	41.73	5.23	16.51	11.7	14.74	8.42	14.33	20.0	14.91	9.0
	大		60	437.3	3.69	74.68	3.30	32.19	6.35	33.74	5.33	36.74	10.4	39.46	11.0
			65	425.0	2.85	70.28	3.52	30.54	5.64	29.03	14.3	32.09	7.48	35.38	6.90
			70	387.2	3.25	67.56	6.67	34.48	4.24	30.91	3.75	32.63	4.20	35.23	5.75
	小		65	383.5	6.60	70.91	4.81	30.16	10.2	29.83	1.60	32.93	11.25	33.39	10.2
			70	318.2	7.18	64.34	5.90	30.81	5.81	26.94	4.83	29.19	13.4	28.11	5.77
			75	289.7	2.10	59.68	6.13	29.13	10.3	24.51	5.45	28.04	6.8	25.44	2.28

(強度: 変動係数)

材令 3日, 7日, 28日

骨材種類の試験結果に対する影響に注目することにして各調合でこれらの実験条件をそろえるように配慮した。

各6ヶずつの実験結果を平均値と変動係数であらわし、一括して表3に示した。

5 考 察

試験方法としてはそのバラツキが小さい方が望ましい。そこで、その規準として変動係数をとりあげることとする。しかし表2, 3の変動係数には調合による差の要因が入っているの、そのまゝでは比較できない。そこで各調合間の変動係数を比較するために、表2, 3の圧縮、曲げ、ブリケット、割裂試験(3箇)の変動係数の平均値をもとめ、各変動係数をこれで除した値を調合比、粒径別に求め、この値の大小をもってバラツキの程度を判定する資料とすることとして、これらを表4に一括表示した。これによれば次のことが云える。

表5 (引張強度/圧縮強度)×100

配合比	砂	ヨコ丸	ヨコ平	タテ平
1:2	標	7.46	8.48	8.08
	大	7.48	8.62	8.11
	小	7.63	8.74	8.30
	平均	7.52	8.61	8.16
1:3	標	8.66	9.17	8.30
	大	8.38	9.28	8.94
	小	8.87	9.90	9.19
	平均	8.61	9.45	8.81
比	標	100	114	108
	大	100	114	108
	小	100	114	108
	平均	100	114	108
1:3	標	8.66	9.17	8.30
	大	8.38	9.28	8.94
	小	8.87	9.90	9.19
	平均	8.61	9.45	8.81
比	標	100	110	102
	大	100	110	102
	小	100	110	102
	平均	100	110	102
平	標	8.36	8.06	8.83
	大	8.47	7.93	8.95
	小	8.59	8.25	9.32
	平均	8.08	9.03	8.49
比	標	100	112	105
	大	100	112	105
	小	100	112	105
	平均	100	112	105

- 骨材の粒の大小や配合比によって、圧縮、曲げ、ブリケット、割裂(3種)などの各種試験における引張強度の変動係数比には差がないとみてよい。
- 全体の変動係数比平均について云えば、試験結果のバラツキは、小さいものから順に圧縮、曲げ、割

裂(ヨコ丸)、割裂(ヨコ平)、ブリケット、割裂(タテ平)である。

次に割裂試験(3種)によって得られる引張強度について比較する。各調合における各強度を、その圧縮強度に対する比であらわし、それらを調合比と砂の種類別に整理したのが表5である。これによれば、角柱の割裂によって得られる引張強度に関して、

3 (引張強度/圧縮強度)の値は、調合比によって、砂の粒径の大小を問はず変化し、砂含有量が大きくなるとその値は大きくなる傾向がみられる。その傾向は大きいものからヨコ丸、ヨコ平、タテ平の順である。

4 砂の種類についてみると(引張強度/圧縮強度)の値は小さいものから順に標準砂、川砂大、川砂小である。したがって川砂についていえば、粒径の大きいものほど(引張強度/圧縮強度)は小さいと云える。

5 全体について云えば、圧縮強度に対する引張強度の値は、ヨコ丸が最小で8.08、ヨコ平は9.03、タテ平は8.49である。

6 結 論

引張試験の本質的問題は強度および、歪の関係の両方から検討しなくてはならない。本報告では各種試験による強度関係だけについて比較検討を加えた。これらの結果、 $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の供試体のヨコ方向割裂試験は、ブリケットやタテ方向割裂による試験よりもその再現性においてすぐれていることがあきらかとなった。またそれによって得られる引張強度は圧縮強度の約7.93~8.25%である。これによって角柱のヨコ方向割裂によってモルタルの引張試験を行なうことに対する見通しをつけることができた。今後歪関係についても検討を進める予定である。

謝 辞

本研究に対して、本学工学部後援会より42年度研究補助金を受けました。ここに厚く謝意を表します。

文 献

- 波木：“引張強度からみたコンクリートの破壊現象について”コンクリートジャーナル Vol. 2, No. 4, Aug. 1964, pp. 13~22.
- ASTM C190 Standard Method of Test for Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortars.
- G. Franz: Konstruktionslehre des Stahlbetons, Jan. 1966 Springer Verlag p. 33.
- 狩野：“コンクリートの引張に関する研究”日本建築学会論文集 第17号, 昭15年3月.
- B. P. Hughes, G. P. Chapman: “Direct Tensile

- Test for concrete using Modern Adhesives" Bul.
RILEM No. 26 Mar. 1965. pp77~80.
- 6) V. M. Malhorta 他2名 : "Ring Test for Tensile
Strength of Concrete" Material Research &
Standards No. 1, 1966 pp. 2~12.
- 7) JIS A 1106
- 8) JIS A 1113
- 9) S. Nilsson : "The Tensile Strength of Concrete
Determined by Splitting Tests on Cubes" Bul.
RILEM No.6 1961 pp. 63~67.
- 10) L.Bajnai : "Ein neues Verfahren zur Bestimmung
der Spaltzugfestigkeit von Beton" Beton u.
Stahlbetonbau, No. 6, 1966 S. 163~165.
- 11) Filon & Coker : Photoelasticity, 1931. Cambridge
at the University Press. p. 436 & 621~624.
- 12) M. M. Frocht: Photoelasticity, Vol. II, p. 118
- 13) 狩野 : コンクリート技術事典 p. 641.
(昭和43年10月7日受理)